

人間共棲制御を可能とする環境型移動ロボットシステムの構築

Construction of Environing Mobile Robot System for Human Robot Symbiosis Control

佐藤 知正 (東京大学)
森下 広 ((有)HMI)

福井 類 (東京大学)
森 武俊 (東京大学)

Tomomasa SATO. The Univ. of Tokyo. 7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo
Rui FUKUI. The Univ. of Tokyo. Hiroshi MORISHITA. HMI Corp.
Taketoshi MORI. The Univ. of Tokyo.

This paper presents Environing Mobile Robot System. It realizes temporal cooperative control (Human Robot Symbiosis Control) for humans and robots at the same space. The system is composed of environing sensor, data analyzing and accumulating component, mobile cart robot, and real-time control component. There are two characteristics in the system in terms of spatial and temporal aspects. As for the spatial aspect, the system can measure robot and human position simultaneously by the same environing sensor. As for the temporal aspect, the accumulated human locomotion data is utilized for path planning of the mobile robot.

Key Words : Human Symbiosis, Robot Sensor Equipped Room, Environing Robot

1 緒論

人間共棲ロボットでは、1) 人とロボットとが空間を共有することと、2) 過去から現在にわたる時間をふまえて人とロボットとが協調することが求められる。第一の空間を共にする側面は、環境側にセンサを埋め込み、人とロボットを同時に非拘束に計測する環境システム構成により実現することができる。このような知的環境の研究例として、Intelligent Room や AwareHome¹⁾ などが関心を集めているが、これらは情報支援のためのものである。本研究では、人間への物理支援を念頭に、第二の時間的協調の側面として、人間の過去と現在の行動情報を、環境側から計測し、それをふまえたロボットの人間共棲制御の実現をねらう。以下本稿では、環境側センサとしてセンシング床を備え、それによって計測記録される人間の行動データに基づいて移動ロボットを制御する環境型移動ロボットシステムの構築と、それによる人間との共棲制御実験結果を示す。

2 人間共棲制御と環境型移動ロボットシステム

2.1 人間共棲システム 本稿では、人間共棲システムにおいて求められる人間とロボットとの空間共有と時間協調を、以下のようにして実現する。1) 環境側に埋め込んだセンサにより、人とロボットを非拘束に常時計測することで空間の共有を可能とする。2) 過去の人間の室内移動状況をふまえて移動ロボットの経路決定をしたうえで現在の人間の状況を勘案した移動ロボット制御を行うことで、時間協調を実現する。具体的には、1) 床環境に埋め込まれたスイッチセンサアレイによって、人間とロボットの位置を非拘束に計測することで、人間とロボットとが日常空間を共有することを実現する。また、2) このようにして得た人間の過去の移動情報を蓄積し、それに現在の人間とロボットの状況をふまえた移動制御を行うことで、過去および現在の時間的協調を実現する。このような人間共棲制御を可能とする環境型移動ロボットシステムの構成を次節で述べる。

2.2 環境型移動ロボットシステム 本論文で実現する環境型移動ロボットシステムでは、環境型センサとして床圧力情報により人のやロボットの位置・方向データを計測し、蓄積することができる床センサ³⁾を、移動ロボットとして移動台車ロボット²⁾を利用する。この環境型移動ロボット

システムの構成は環境センシング部、データ解析・蓄積部、移動台車ロボット、リアルタイム制御部の4要素である。各要素の必要機能を、以下に整理して示す。

3 システムの構築

3.1 システム構成 図1にシステム全体の構成図を載せる。システムは環境センシング部を担う床圧力センサ、移

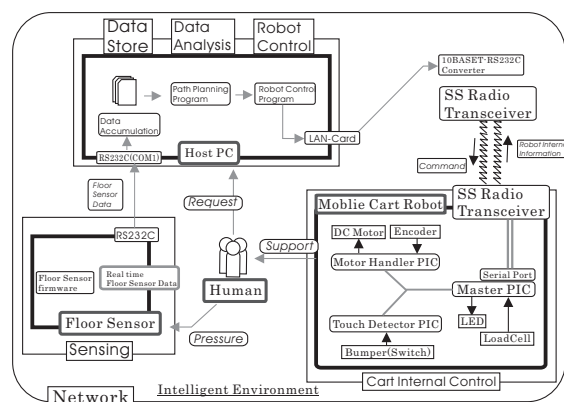


Fig. 1: システム構成図

動台車ロボット、データ解析・蓄積部とリアルタイム制御部を担うPCから成り立っている。図2に右に今回使用した移動台車を左に床センサ上で動作する移動台車の様子を示す。まず図1にシステム全体の構成図を載せる。

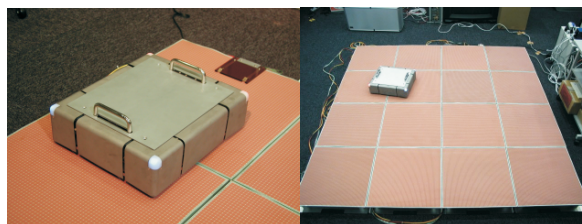


Fig. 2: 移動台車と床圧力センサ

3.2 情報処理の流れ このシステムの情報処理は次の4つの段階からなる。

- 1) オンラインで人間の移動をファイルに蓄積する。
 - 2) 床センサのリアルタイムデータから人間の位置およびロボットの位置を推定する。
 - 3) 移動台車の位置をスタート、人間の位置をゴールとし、蓄積されたファイルを参考にオフライン経路探索を行う。
 - 4) 目標経路を通るように、リアルタイムにロボットの位置と角度を推定し、台車ロボットのオンライン制御を行う。
- 以上の情報処理について以下で詳しく説明する。

3.3 データ蓄積・解析

3.3.1 データの蓄積 床センサからのデータは 256×256 の二次元行列として得られる。今回は床センサの各ピクセルにおける状態変化数 (ON OFF の変化数) を保存した。

3.3.2 データの解析 がある。まず蓄積されたデータから経路生成までの簡単な流れを示す。このサンプルは人間が対角方向に頻繁に移動した場合のものである。

- (A) 蓄積された床データを適当な大きさのブロックに分割し、そのブロックに含まれるマスの平均値を算出する。
- (B) 目的に応じたスタートとゴールの座標を設定する。
- (C) アルゴリズムに従って、経路を順次生成していく。

次に経路生成のアルゴリズムについて説明をする。

1. スタート地点を現在の位置として登録する。
2. 現在の位置から移れるマスで障害物を含むものを除く。
3. 障害物がないマスでゴールから遠ざかるものを除く。
4. 残った候補のマスの中で最も床データの変化が大きいものを次のマスとして選ぶ。
5. もしそのマスがゴールだったら終了。そうでなかったら、ステップ2から繰り返す。

この経路生成アルゴリズムに沿って生成された経路には最短経路という観点から見て矛盾を含む可能性がありそういった矛盾を補正をする必要がある。

3.4 リアルタイム制御部 この章では床情報を利用した台車の制御について説明する。床情報から台車の位置・方向を推定するためにテンプレートマッチングを用いた。角度 15° 毎にテンプレート (合計 12 テンプレート) を用意し、ある特定領域のみを探索領域として選び探索をする。また探索領域は台車の状態によっても異なる。つかのテンプレートを当てはめて、最も近いものを現在の方向と考えている。一定の領域を探索している。

次に、床データから得られる台車の位置・角度を利用して台車をある定まったルートに沿って走らせる方法について述べる。床データの経路は複数の通過点によって表現される。台車はこれらの通過点に通るように走らなければならない。まずその場旋回を行い最初に通過点の方向に車体を向け、そしてその通過点に在る範囲に近づくまで直進する。この旋回と直進を繰り返すことによって複数の通過点を通りながら走行することが可能となる。

4 人間共棲制御実験

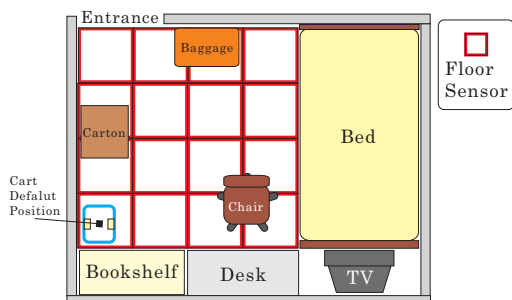


Fig. 3: Room Usage

まず人間が部屋の中で生活をしているときの移動情報を蓄積するために図3のように床センサの周りをセッティングをし、一人の被験者がこの環境中で約6時間ほど活動をシタ時のデータを収集した。蓄積した結果を図4の(A)に示す。床のデータは 256×256 の行列で表現されるのだが、今回は 32×32 を一つの集合として考えて、圧力変化回数はその集合の中の平均を割り当てた。グレイスケールがより白いほど圧力変化が多いところである。図4の(B)は経路生成アルゴリズムにより生成した経路である。できるだけ人間の移動が多い場所を優先的に通るようにしているの、経路として矛盾している(遠回りしてしまっている)ところがある。図4の(C)は(B)の経路として正しくない部分を訂正したものである。図4の(D)が(C)のような経路を台車ロボットの目標経路として設定したときに、実際に走行した経路を示している。この経路の走行におよそ1分間ほどの時間を必要とした。この実験により、人間の移動履歴情報を利用したロボットの動作生成の例が示された。

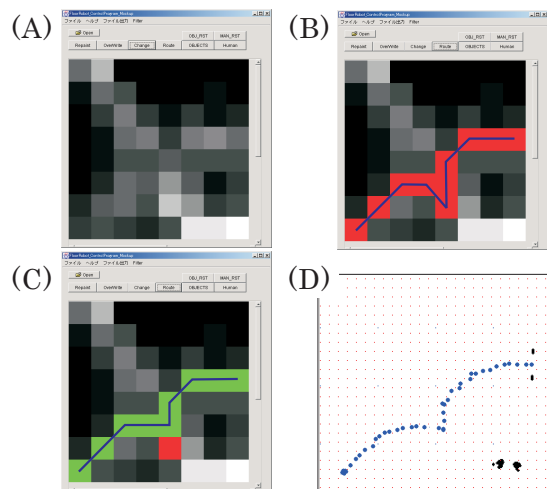


Fig. 4: Stored Data

5 結論

本論文では、環境型移動ロボットシステムを構築し、それによって可能となる人間共棲制御を示した。実験では、構築されたシステムにより、ロボットが人間の現在の位置を計測し、過去の移動経路を優先的に通ってそこへ移動するという、時空間にまたがる人間ロボット共棲の一例が示された。これは、環境センサとしてセンシング床による人間の過去の動線の記述とそれに基づいた移動ロボット経路探索、および人間の現在の状況をふまえた移動ロボット制御(環境型移動ロボット)を実現したもので、このような環境側による人間行動の記述とそのロボット制御への応用手法は将来、人の様子を見ながら過去の履歴を利用して、人間をサポートするためのシステムを実現するうえでさまざまな展開が可能であると考えている。

参考文献

- 1) Kidd, Cory D. et al. "The Aware Home: A Living Laboratory for Ubiquitous Computing Research" *the 2nd Int'l Workshop on Cooperative Buildings*, Oct. 1999.
- 2) 佐藤, 福井, 森下, 森, "生活環境センサネットワーク空間において動作する移動台車システムの構築", ロボティクス・メカトロニクス講演会'02, 島根
- 3) H. Morishita et al. "High Resolution Pressure Sensor Distributed Floor for Future Human-Robot Symbiosis Environments" *International Conference on Intelligent Robots and Systems, EPFL Lausanne, Switzerland, October 2002.*